

Estudios de *F. proliferatum*, principal causante de la podredumbre húmeda, y control de la enfermedad

Enfermedades y fisiopatías que afectan a la calidad del ajo en postcosecha

Las enfermedades y fisiopatías que afectan al ajo pueden llegar a ocasionar importantes pérdidas en postcosecha, de vital importancia cuando el producto se destina a la exportación a mercados que cada día son más exigentes. En 2008, distintos agricultores de varios municipios de Castilla y León detectaron bulbos de ajo que presentaban síntomas de podredumbre húmeda durante el almacenamiento. Posteriormente, en el año 2009, esta misma podredumbre se observó también en las provincias de Albacete y Cuenca y en muestras procedentes de Córdoba. Hasta la fecha se ha identificado a *Fusarium proliferatum* como el agente causal de la podredumbre del diente.

L. Gálvez¹, M. García-Díaz¹, P. Castillo²,
F. Gómez² y D. Palmero¹.

¹ Laboratorio de Protección Vegetal. EUIT Agrícola. Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

² Coopaman SCL. Las Pedroñeras (Cuenca).

Esta campaña ha sido diferente a la de los últimos años para el cultivo del ajo. Las cuantiosas lluvias primaverales y el retraso en registrarse subidas apreciables de la temperatura ha provocado, en un principio, el miedo de los ajeros. Todo parecía prever un año complicado con alta incidencia de enfermedades en campo (blanquilla y roya, principalmente), agudizado en algunas zonas productoras por el retraso en la concesión de los permisos para los tratamientos aéreos.

Sin embargo, parece que la realidad ha contradicho a las predicciones y no ha sido tampoco éste un año de blanquilla. Quizá algo de roya (**foto 1**), sobre todo a finales de campaña, aunque ha sido bien controlada en campo por la mayoría de los agricultores mediante tratamientos fitosanitarios.

La producción de ajo en España ha ido aumentando en los últimos años. Según datos de la FAO, la producción actual es de 154.000 t, en una superficie total de 16.000 ha, siendo

además el primer productor dentro de la UE. En cuanto a las exportaciones, ocupa el tercer lugar a nivel mundial con 63.131 t. Los principales destinos del ajo español son: Italia, Francia, Alemania, Reino Unido y Portugal, a los que se suman terceros países como Brasil, Marruecos, Taiwán o Haití, y nuevos mercados como Australia o Sudáfrica. En Castilla-La Mancha (primera comunidad productora de ajo en España) se esperan buenos rendimientos y de una gran calidad, aunque la cosecha viene con cierto retraso.

Las enfermedades y fisiopatías que afectan al ajo pueden llegar a ocasionar importantes pérdidas en postcosecha, de vital importancia cuando el producto se destina a la exportación a mercados que cada día son más exigentes. En muchas ocasiones los daños no son visibles y no se detectan en el primer des-



Foto 1. Plantas de ajo con roya.

trío de las cooperativas, lo cual es un verdadero problema ya que las pequeñas podredumbres en los dientes continúan avanzando y pueden llegar a ser motivo de rechazo en el mercado internacional. El ajo puede salir desde el lugar de origen sin daños aparentes, pero llega a destino de manera no apta para su comercialización.

Patologías en postcosecha

En 2008, distintos agricultores de varios municipios de Castilla y León detectaron bulbos de ajo del cultivar Blancomor de Valledado que presentaban síntomas de podredumbre húmeda durante el almacenamiento. Posteriormente, en el año 2009, esta misma podredumbre se observó también en las provincias de Albacete y Cuenca en el cultivar Morado de Cuenca y en muestras procedentes de Córdoba de ajos tipo chino.

Estudios sobre las diferentes enfermedades y desórdenes fisiológicos que afectan a la calidad del ajo en postcosecha se están llevando a cabo desde su aparición en el laboratorio de Protección Vegetal de la EUITA (UPM) en colaboración con productores castellano-manchegos pertenecientes a Coopaman SCL.

La correcta determinación taxonómica de los microorganismos implicados en la podredumbre del diente durante el almacenamiento es indispensable para poder abordar su control de manera efectiva.

Hasta la fecha se ha identificado a *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg, como el agente causal de la podredumbre del diente (Palmero *et al.*, 2010). Los síntomas característicos observados en los ajos almacenados son manchas deprimidadas de color blanquecino con un halo necrótico, que pueden llegar a cubrir por completo el diente (foto 2).

En agosto de 2012 se recibieron en el laboratorio diferentes lotes de cabezas de ajo. La sintomatología observada al desgranar los dientes y eliminar sus catáfilas externas era variable, mostrando algunos dientes podredumbres blandas con coloraciones que iban desde un marrón canela al rosa (foto 3). En los análisis realizados sobre dichas muestras de ajo se aislaron e identificaron principalmente tres géneros de bacterias: *Pantoea*, *Bacillus* y *Erwinia*. Actualmente, se están realizando diferentes estudios sobre la importancia de las



Foto 2. Dientes de ajos con podredumbres causadas por *F. proliferatum*.

diferentes especies bacterianas sobre la podredumbre del ajo.

En este tiempo se han realizado diferentes estudios sobre los factores que determinan la aparición de la podredumbre del ajo causada por *F. proliferatum*. A continuación se abordan los resultados más relevantes de dichos estudios como la patogenicidad de *F. proliferatum* sobre diferentes variedades de ajo y otros cultivos de aliáceas, el efecto de la temperatura sobre el crecimiento del hongo y la conservación postcosecha o el efecto de la temperatura sobre la viabilidad de los conidios.

Estudio de la patogenicidad de *F. proliferatum*

Sobre diferentes variedades

Con el objetivo de conocer la respuesta que el patógeno tiene sobre los diferentes cultivares de ajo (blancos, morados, chinos y finos), se inoculó un aislado de *F. proliferatum* (García *et al.*, 2011) sobre diecisiete cultivares diferentes de ajo. Transcurrido el tiempo de incubación de las muestras, los dientes inoculados sobre la zona apical, se seccionaron longitudinalmente para comprobar el avance de la podredumbre. Los resultados muestran la patogenicidad de *F. proliferatum* en las diecisiete variedades comerciales, reproduciéndose la podredumbre en todas las muestras analizadas. Así mismo, se confirmó que existe un mayor grado de sensibilidad varietal de los cultivares de tipo blanco y chino frente a cultivares morados (figura 1), sin detectarse en el germoplasma vegetal analizado ningún material resistente al patógeno.

Sobre diferentes especies del género *Allium*

Para conocer si este hongo también puede afectar, además de al ajo, a otros cultivos de aliáceas presentes en las zonas ajeras, se inocularon diferentes variedades de cebolla, puerro, cebolleta y cebollino con distintos aislados de *F. proliferatum* procedentes de ajos enfermos. En este caso, los ensayos de patogenicidad se realizaron en plántulas de dos



Foto 3. Cabeza de ajos con dientes con podredumbres blandas.

FIGURA 1

Efecto de la temperatura

Sobre el crecimiento del hongo y la conservación postcosecha

Una vez conocida la presencia del patógeno en el material vegetal de plantación, era necesario estudiar el efecto de la temperatura sobre los propágulos del hongo, para poder evaluar su permanencia en el suelo y en las propias cabezas de ajo ya cosechadas a lo largo del almacenamiento. De esta manera responderíamos algunas preguntas necesarias: ¿sobrevive el patógeno en el suelo tras la cosecha hasta la siguiente siembra? ¿Cuál es el comportamiento del hongo durante el almacenamiento (20°C) y/o durante la conservación del ajo en cámaras (5°C)?

Para ello, se evaluó el efecto de la temperatura sobre el crecimiento fúngico y la viabilidad del hongo a lo largo del ciclo de cultivo así como durante su secado (30-40°C), almacenamiento en cámara frigorífica (5°C) o durante su almacenaje (15-25°C) (Palmero *et al.*, 2013).

En primer lugar se evaluó *in vitro* el efecto de la temperatura sobre el crecimiento micelial radial de once aislados de *F. proliferatum*. Los resultados muestran diferencias en el crecimiento del hongo a lo largo de los días en función de la temperatura. Mientras que a 5 y 40°C no había crecimiento alguno, éste fue máximo a 25°C y se vio retrasado a 15°C y más aún a 35°C (figura 2). En cualquiera de las temperaturas estudiadas no se produjo la muerte del hongo, es decir, una vez transcurridos los días del estudio se colocaron las placas a 25°C y todos los aislados que no crecieron a 5 y 40°C eran viables, por tanto, el hongo es capaz de sobrevivir a estas temperaturas. Trasladado esto al cultivo, si el almacenamiento tiene lugar en cámara de conservación (5°C) la podredumbre se frena pero el hongo no muere, retomando su actividad cuando se saca de la cámara para la comercialización del producto.

Estos datos fueron confirmados con los análisis realizados en cabezas cosechadas del cultivar Morado de Cuenca y el cultivar Vigor Suprem incubadas en condiciones de almacenamiento (20°C) y de conservación (5°C). Se etiquetaron lotes de cincuenta cabezas de cada una de las generaciones estudiadas (F3, F4 y F5) antes de su conservación en almacén hasta dos meses después de la cosecha (al-

Porcentajes de dientes sintomáticos con *F. proliferatum* de las diferentes variedades analizadas. Los grupos marcados con la misma letra no muestran diferencias estadísticamente significativas.

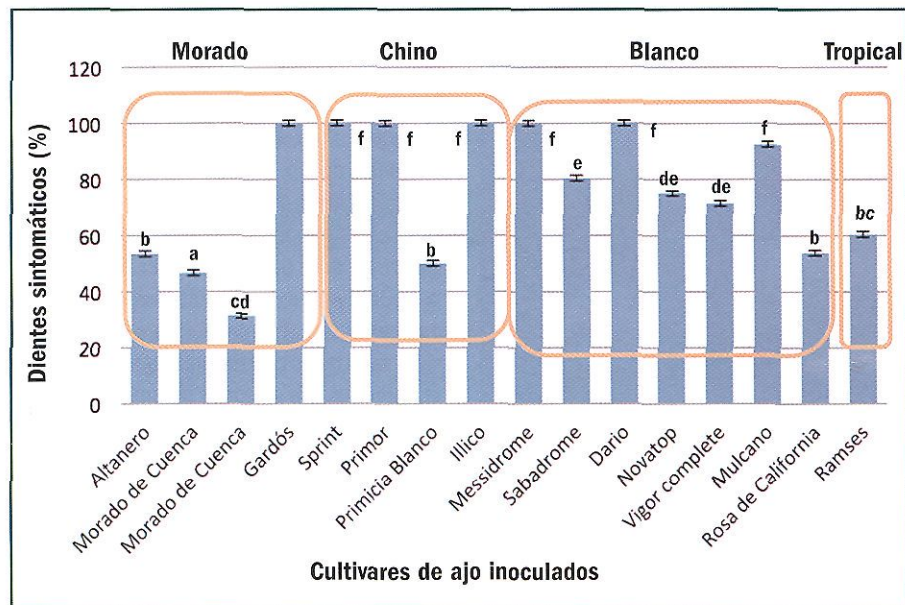
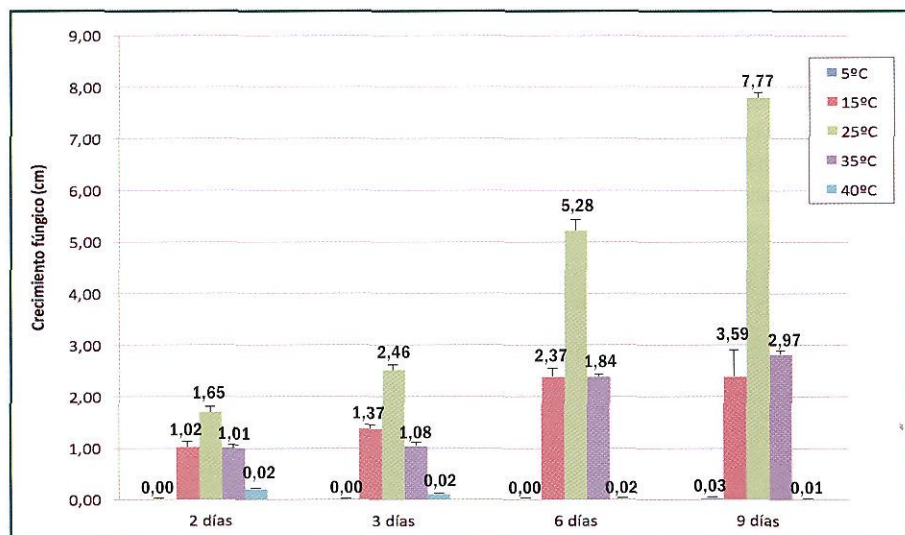


FIGURA 2

Crecimiento micelial de aislados de *F. proliferatum* a diferentes temperaturas medidos a los dos, tres, seis y nueve días.



semanas y se evaluó el porcentaje de raíces con podredumbre. Los resultados obtenidos muestran la capacidad patógena de *F. proliferatum* sobre todos estos cultivos y sobre las diferentes variedades inoculadas.

Este trabajo, Palmero *et al.* (2012), constituye la primera cita de la patogenicidad de *F. proliferatum* sobre puerro, cebollino y cebo-

lleta. Los resultados nos permiten confirmar que los propágulos del patógeno podrían encontrar un huésped alternativo en estos cultivos. Sin embargo, la diferente respuesta frente a la enfermedad observada en las distintas variedades utilizadas en el estudio indica que hay cierto grado de susceptibilidad varietal diferencial frente al patógeno.

macenamiento de corta duración) y seis meses (almacenamiento de larga duración).

Transcurridos uno y dos meses en la prueba de corto almacenamiento y tres y seis meses en largo almacenamiento, se evaluó el progreso de la podredumbre. Después se evaluó la presencia del patógeno y el porcentaje de dientes con síntomas de podredumbre en cada uno de los dientes de ajo de las diferentes parcelas. Se evaluaron los síntomas de la enfermedad de cada diente en cuatro clases: N1 = sin síntomas; N2 = pequeñas lesiones con podredumbre; N3 = 10-50% del diente con podredumbre; N4 = diente totalmente podrido. La fórmula aplicada para el cálculo de la gravedad de la podredumbre de la muestra fue la que se recoge en la **expresión 1**.

Expresión 1.

$$ISE = [(N1 \times 0) + (N2 \times 1) + (N3 \times 2) + (N4 \times 3)] / \text{número de dientes de totales}$$

Los resultados muestran un aumento de la podredumbre con el tiempo de almacenamiento, tras dos meses a 20°C los índices de gravedad de la podredumbre (IGP) aumentaron en todos los casos (**cuadro I**). Los ajos de tipo blanco son los que mayores porcentajes de ajos podridos presentaron, debido a una predisposición de este tipo de variedades comerciales a la podredumbre, frente a las de tipo morado.

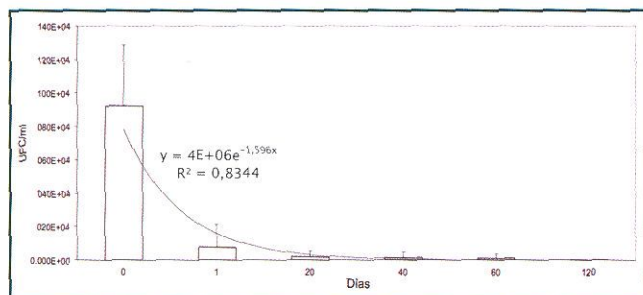
En la prueba de almacenamiento a largo plazo, el índice de la gravedad de la enfermedad se mantuvo constante durante todo el periodo de almacenamiento. No hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los valores obtenidos en diciembre de 2010 y los valores obtenidos en marzo de 2011 ($ISE = 0,2 \pm 0,13$) y junio de 2011 ($ISE = 0,28 \pm 0,23$).

Sobre la viabilidad de los conidios

Los estudios de termoterapia realizados sobre los propágulos del patógeno demostraron que la exposición durante al menos 20

FIGURA 3

Efecto del tiempo de exposición a agua a 50°C (choque térmico) sobre la viabilidad de los conidios de *F. proliferatum*. La figura muestra el número de unidades formadoras de colonias viables (UFC/ml) tras los diferentes tiempos de incubación.



Un NUEVO record mundial para la serie N de Valtra

Consigue la **potencia de seis cilindros en cuatro** y combinalo con la **agilidad superior** de la nueva . El nuevo motor de alta resistencia SRC además **consume menos combustible**, ayudándote así a ahorrar dinero. La **versatilidad legendaria** de la Serie N Series ahora incluso mayor. Visita tu concesionario más cercano y compruébalo tú mismo.

Gama de potencias de la Serie N de 124 a 171 CV

Valtra Serie N: N113HiTech, N123HiTech, N143HiTech, Versu y Direct y N163Versu y Direct

www.valtra.es

CUADRO I.

Índices de gravedad de la podredumbre (IGP) de los diferentes cultivares de ajos evaluados a 20°C en cortos periodos de almacenamiento (2 meses). Los resultados se presentan como la media de IGP \pm desviación típica.

	Ajo morado			Ajo blanco
	Generación F3	Generación F4	Generación F5	Generación F4
Septiembre	0,14 \pm 0,04a	0,00 \pm 0,00a	0,03 \pm 0,04a	1,05 \pm 0,17a
Octubre	0,56 \pm 0,37b	0,17 \pm 0,14b	0,53 \pm 0,25b	1,17 \pm 0,39a
Noviembre	0,42 \pm 0,25b	0,15 \pm 0,12b	0,56 \pm 0,27b	1,49 \pm 0,58a
Significación	*	**	**	NS
* P valor \leq 0,05, ** P valor \leq 0,01				

Los meses con la misma letra no muestran diferencias estadísticamente significativas.

minutos a temperaturas superiores a 50°C resulta altamente eficaz para que los conidios del hongo no resulten viables (**figura 3**). Aplicar estos resultados al día a día del agricultor no es tan sencillo. En la práctica se ha de tener en cuenta que el hongo estaría protegido por las catáfilas e incluso parte de su micelio estaría ya instalado en lesiones incipientes de los dientes de siembra por lo que la efectividad se vería posiblemente reducida.

Control de la enfermedad

La información más relevante desde un punto de vista práctico es la efectividad de los fungicidas. Nuestros estudios indican que los más eficaces son aquellos que basan su acción en la inhibición de la desmetilación (triazoles e imidazoles). Los preparados con materias activas pertenecientes a este grupo (tebuconazol y procloraz) ofrecieron los mejores resultados, inhibiendo más del 95% del crecimiento micelial in vitro. En cambio, se deben evitar los fungicidas que contengan boscalida + piraclostrobina o trifloxistrobin por su baja eficacia en la inhibición del crecimiento del hongo. En este caso el tratamiento al diente en presembrado con procloraz parece totalmente justificado para la lucha contra la enfermedad en campo. El conocimiento generado en los

ensayos in vitro ha permitido realizar esta campaña un calendario de tratamientos en campo con las materias activas más efectivas pero teniendo en cuenta además otros aspectos como el efecto sobre otros patógenos, la dosis, el plazo de seguridad, la familia de fungicidas (rotación de materias con diferentes dianas o modos de acción), etc.

Para poder controlar de manera efectiva esta enfermedad es imprescindible abordar el problema desde la perspectiva del control integrado, que no solo supone el uso de productos fitosanitarios sino también un correcto manejo del cultivo (elección adecuada del material vegetal, manejo del riego, rotaciones, etc.).

En el grupo de trabajo llevamos tiempo realizando estudios que permitan abordar el control de la enfermedad en campo, mediante el uso de material vegetal libre de patógenos, ya sea obtenida mediante cultivo in vitro

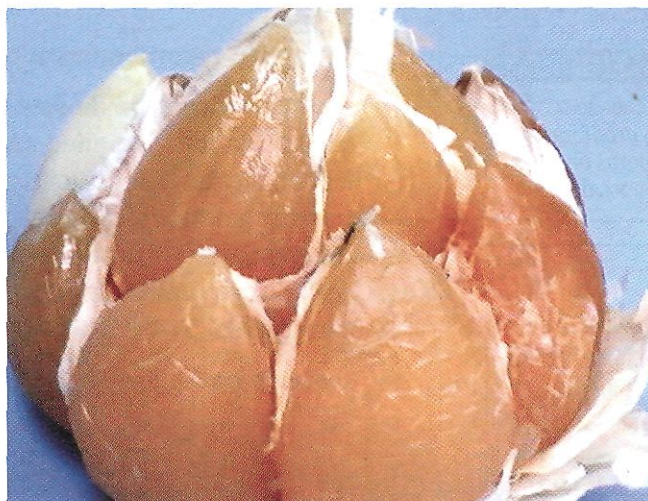


Foto 4. Dientes de ajo con parálisis cerosa.

o bien mediante termoterapia del material, o la realización de tratamientos de desinfección del suelo para reducir la presencia del patógeno en el mismo y así disminuir la incidencia de la enfermedad en la campaña siguiente. En este sentido, actualmente se están realizando ensayos en campo que permitan confirmar la efectividad de la biodesinfección en el control de la enfermedad.

Fisiopatías

En los bulbos cosechados, además de enfermedades, a veces aparecen alteraciones producidas por diversos factores (nutricionales, climáticos o culturales) pero cuyo origen no es biótico. Son los denominados desórdenes fisiológicos o fisiopatías, entre ellos, se citan la parálisis cerosa (*waxy breakdown*) como la principal fisiopatía del cultivo del ajo en postcosecha (**foto 4**).

Según nuestra experiencia en el ajo Morado de Cuenca, la fisiopatía es, según el año, de cierta importancia, aunque menor que en ajos blancos y chinos. En cosechas tempranas de ajo chino las mermas llegan en ocasiones a superar el 18% a la entrada en cooperativa. Debido a la creciente preocupación por la aparición de patologías que se solapan en lo que respecta a las podredumbres de ajos almacenados, se está realizando un análisis pormenorizado de cabezas para detectar la presencia de la fisiopatía y/o de hongos y bacterias según la sintomatología observada en los dientes y futuros estudios permitirán abordar su control mediante el estudio del efecto de la fecha de cosecha, los diferentes tratamientos de secado o la fertilización del cultivo. ●

Bibliografía ▼

- García, M., de Cara, M., Gálvez, L., Iglesias, C., Vares, L., Tello, J.C., Palmero, D., 2011. Especificidad parasitaria de aislados de *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg sobre especies del género *Allium*. Boletín Sanidad Vegetal Plagas 37, 195-206.
- Palmero, D., de Cara, M., Iglesias, C., Moreno, M.M., González, N., Tello, J.C., 2010. First report of *Fusarium proliferatum* causing rot of garlic bulbs in Spain. Plant Disease 94, 277.
- Palmero, D., de Cara, M., Nosir, W., Gálvez, L., Cruz, A., Woodward, S., González-Jaén T., Tello, J.C. 2012. *Fusarium proliferatum* isolated from garlic in Spain: identification, toxigenic potential and pathogenicity on related *Allium* species. Phytopathology-Mediterranea 51, 207-218.
- Palmero, D.; Gálvez, L.; García, M.; Gil-Serna, J.; Benito, B. 2013. The effects of storage duration, temperature and cultivar on the severity of garlic clove rot caused by *Fusarium proliferatum*. Postharvest Biology and Technology 78, 34-39.